

УДК 624.01:659.113.23

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
С УЧЕТОМ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛАд-р экон. наук, проф. Н.А. ДУБРОВСКИЙ, Е.Н. ЧАБУРДО
(Полоцкий государственный университет)

Строительство – это одна из наиболее важных отраслей отечественной экономики. Эффективность её функционирования во многом определяет уровень развития общества и его производительных сил. Представлены результаты анализа развития некоторых аспектов строительного комплекса Республики Беларусь в последние годы. Выявлена необходимость повышения эффективности строительства через использование эффективных строительных материалов. Для оценки степени эффективности того или иного материала предложен критерий, учитывающий жизненный цикл продукта. Проведен сравнительный анализ эффективности использования двух стеновых строительных материалов – керамзитобетонных блоков и керамического кирпича.

Строительный комплекс Республики Беларусь занимает одну из ведущих позиций в структуре национальной экономики, обеспечивает ее устойчивость и социальную направленность, способствует развитию производственного потенциала страны, реализации важнейших социальных и экономических проектов. В последние годы наблюдалось динамичное и успешное развитие данного сектора экономики, что подтверждается реальными цифрами. Так, удельный вес строительства в структуре ВВП за 2010 год возрос до 11 % (в 2009 году он составлял 10,7 %, в 2008 году – 9,4 %). Это достигнуто в первую очередь благодаря опережающему росту объемов строительно-монтажных работ.

Развитие жилищного строительства является важной и первостепенной задачей, направленной на удовлетворение потребности населения в качественном, технологически и технически современном жилье. Кроме того, развитие жилищного сектора обуславливает подъем сопряженных с ним отраслей, в частности, производства стройматериалов, строительных конструкций и деталей, черной металлургии, химической промышленности, лесной и деревообрабатывающей промышленности, энергетики, строительно-дорожного и тракторного машиностроения.

Однако в 2011 году прогнозируемые темпы роста жилищного строительства не были обеспечены. Организаниями всех форм собственности в 2011 году построено 68,3 тыс. новых квартир (в 2010 году – 84,7 тыс.). Введено в эксплуатацию 5 487 тыс. кв. м общей площади жилья, что составляет 73,2 % к предусмотренному заданию на год. По сравнению с 2010 годом ввод в действие жилья уменьшился на 1 142,9 тыс. кв. м, или на 17,2 % [1]. Динамика ввода жилья в действие представлена на рисунке 1.



Рис. 1. Динамика ввода в действие жилья, % к соответствующему периоду предыдущего года

Источник: [1].

В настоящее время наиболее острыми проблемами в области строительства жилья в Республике Беларусь выступают следующие: сокращение государственного финансирования жилищного строительства; значительный рост цен на строительную продукцию, услуги и, соответственно, на жилье.

Следствием данных тенденций является снижение объемов жилищного строительства, однако количество нуждающихся в собственном жилье неуклонно растет. По данным статистики, в Беларуси по состоянию на конец 2010 года на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий состояло 855,6 тыс. граждан, что на 62,5 тыс. больше, чем на конец 2008 года. В 2010 году получили жилье и улучшили свои жилищные условия 48,9 тыс. граждан, или 6,2 % от общего количества состоящих на учете нуждающихся в улучшении жилищных условий. Видим, что проблема жилищного строительства в республике стоит достаточно остро.

В условиях значительного удорожания строительного бизнеса и постоянного роста потребности в новом недорогостоящем и качественном жилье возникает необходимость повышения эффективности строительства как такового. Учитывая, что в стоимости строительства доля строительных материалов, по оценкам специалистов, может достигать 54 % [2], вопрос использования эффективных строительных материалов приобретает особую актуальность. При этом следует заметить, что эффективность строительных материалов связана с их производством, проявляется в процессе строительства зданий и сооружений, эксплуатации и утилизации. Эта важная особенность строительных материалов определяет необходимость использования концепции жизненного цикла при оценке их эффективности. Учитывать жизненный цикл строительной продукции следует и при выборе критерия эффективности.

В настоящее время для оценки экономической эффективности используют различные критерии. Наибольшее распространение получили такие, как *чистая текущая стоимость, внутренняя норма рентабельности, срок окупаемости, приведенные затраты* и ряд других. Применяемые показатели являются результатами сопоставления распределенных во времени результатов с затратами на их достижение. Однако, несмотря на широкую популярность данных показателей, для комплексной оценки эффективности применения строительных материалов этого недостаточно, так как их использование возможно лишь на одной стадии жизненного цикла. Таким образом, необходимо выработать критерий, характеризующий свойства строительных материалов, проявляющиеся на всех стадиях жизненного цикла продукта. Например затраты, связанные со строительными материалами, имеют место при производстве, использовании для строительства объекта, эксплуатации, утилизации, что можно проиллюстрировать рисунком 2.

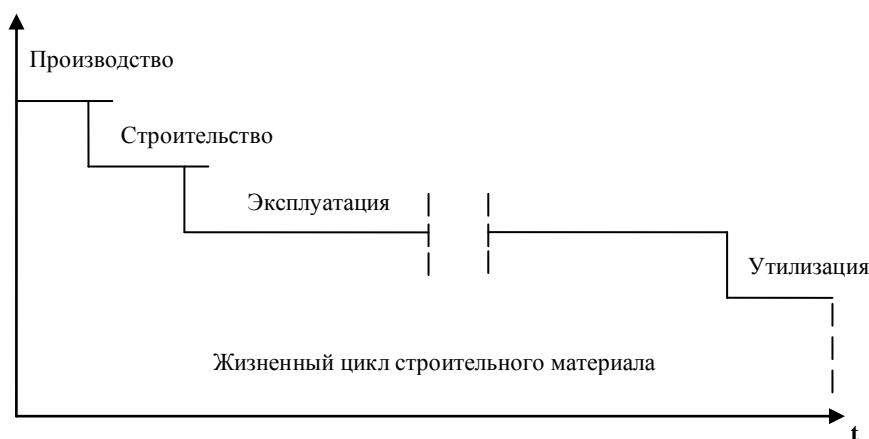


Рис. 2. Основные этапы жизненного цикла строительного материала

Источник: собственная разработка.

Исходя из этого *критерий целесообразности использования строительных материалов* должен учитывать все затраты на каждом из этапов жизненного цикла. Таким образом, в роли критерия предлагается использовать минимум суммарных затрат, имеющих место на стадиях производства, строительства, эксплуатации и утилизации:

$$\sum Z = Z_{пр} + Z_{стр} + Z_{эспл} + Z_{ут} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где $Z_{пр}$ – затраты на производство строительных материалов; $Z_{стр}$ – затраты на строительство; $Z_{эспл}$ – затраты на эксплуатацию здания; $Z_{ут}$ – затраты на утилизацию или повторное использование.

Применение данного критерия дает возможность оценить эффективность использования строительных материалов не по промежуточному результату, а по конечному, который для всех сравниваемых вариантов должен быть один и тот же, например, срок службы построенного объекта.

Подчеркнем, что широко применяемые сегодня критерии эффективности дают возможность определить достоинства и недостатки строительного материала только на одном этапе жизненного цикла строительной продукции, а поскольку результаты на отдельных этапах могут быть различны, то они не могут показать, какой из вариантов наиболее эффективный, так как характеризуют только часть затрат общественного труда. Предлагаемый критерий учитывает все затраты общественно необходимого труда, связанного с производством, строительством, эксплуатацией и утилизацией строительной продукции, что и позволяет привести в сопоставимый вид, сравнить между собой и выбрать наиболее эффективный материальный ресурс.

Предлагаемый подход был применен при выборе стеновых строительных материалов для строительства двухэтажного жилого здания.

В настоящее время ассортимент строительных материалов, применяемых в жилищном малоэтажном строительстве, достаточно широк. В качестве альтернативных строительных ресурсов были выбраны керамзитобетонные блоки и керамический кирпич, пользующиеся популярностью в нашей стране.

Керамзитобетон и керамический кирпич – экологически безупречные материалы, сопоставимые с деревом, ведь основа их изготовления – обычная глина.

Для оценки эффективности применения данных материалов в строительстве использовались параметры керамзитобетонных блоков «ТермоКомфорт» производства ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукмль» и керамического кирпича производства ОАО «Керамика», так как продукция этих организаций в первую очередь ориентирована на потребителей Витебского региона. Сравнительная характеристика стеновых материалов данных производителей представлена в таблице 1.

Таблица 1

Сравнительная характеристика строительных материалов

Материал	Кирпич керамический	Керамзитобетонные блоки
Размер, $L \times B \times H$	250×120×88	120×425×190; 245×425×190; 370×425×190
Масса, кг	3,1 – 3,2	10,3 – 22,6
Плотность, кг/м ³	1150	600 – 700
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°C	0,389 – 0,400 Вт/ (м·K)	0,139 – 0,162
Морозостойкость, циклов	35	50
Радиационное качество, Бк/кг	не более 370 (1 класс)	171 (1 класс)
Расход кладочной смеси, м ³	0,28	0,12
Количество на 1 м ² , шт.	61	9
Толщина фундамента, мм	≥ 1950	660
Толщина стены, м	1,2 – 2,0	0,59
Масса 1 м ² стены, кг	900 – 1800	515

Источник: собственная разработка на основе коммерческой информации производителей и [3].

Для примера были рассчитаны затраты на строительство жилого двухэтажного здания квадратной конфигурации площадью 200 м².

Затраты на строительство объекта зависят от его типа, состава проектной документации, качества инженерного оборудования и применяемых строительных материалов, объема подготовительных работ, стоимости услуг строительной подрядной организации и других факторов. Структура затрат на строительство распределяется примерно в соотношении, представленном в таблице 2.

Таблица 2

Структура затрат на строительство объекта

Наименование	Затраты, %
<i>Структура затрат на строительство в целом</i>	
Коробка	40
Отопление	9
Водоснабжение, канализация	7
Электрика	6
Отделочные работы	38
Всего	100
<i>Расходы на коробку</i>	
Фундамент	15
Стены	30
Перекрытия и лестницы	12
Кровля	18
Фасады и проемы	25
Всего	100

Источник: собственная разработка на основании [4].

Для выбора наиболее эффективного строительного материала сравниваемые варианты были приведены в тождественный вид по основным показателям, к которым были отнесены масса и теплопровод-

ность. Проведен сравнительный технико-экономический расчет, связанный с определением толщины стены дома, обеспечивающей одинаковое сопротивление теплопередаче. Для этого использовались существующие стандарты строительства жилых объектов, согласно которым значение теплосопротивления стены не должно быть менее $3,2 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ [5].

Рассмотрим формулу:

$$R = D / K_{mn}, \quad (2)$$

где R – приведенное сопротивление теплопередаче; D – толщина стены; K_{mn} – коэффициент теплопроводности.

Из данной формулы выразим толщину стены:

$$D = R \cdot K_{mn}. \quad (3)$$

Расчет требуемой толщины стены представлен в таблице 3.

Таблица 3

Расчет толщины стены

Материал	Приведенное сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$	Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт} / \text{м} \cdot ^\circ\text{C}$	Толщина стены, м
Блоки «ТермоКомфорт»	3,2	0,162	0,5
Кирпич керамический		0,400	1,3

Источник: собственная разработка.

Таким образом, для возведения предлагаемого объекта требуется 105 м^3 керамзитобетонных блоков «ТермоКомфорт» или 273 м^3 керамического кирпича (кладка из керамического кирпича будет в 2,6 раза толще).

Объект, возводимый из керамзитобетонных блоков в соответствии с жизненным циклом

Производство. Исходным сырьем для керамзитобетонных блоков служит керамзит, полностью экологически чистый продукт, не способный нанести вред здоровью человека. Технология изготовления керамзитобетона достаточно проста, не требует сложного, дорогостоящего оборудования. Керамзитобетонные блоки производятся методом полусухого вибропрессования (специальные вибрирующие формы особенно плотно спрессовывают начинку блока – цемент, воду и керамзит) с последующей сушкой с использованием пропаривания или инфракрасной сушки.

Рассмотрим структуру затрат на 1 м^3 керамзитобетонных блоков производства ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» на 01.12.2011 (табл. 4).

Таблица 4

Себестоимость 1 м^3 керамзитобетонных блоков «Термокомфорт»

Элементы затрат	Стоимость, руб.	Удельный вес, %
Сырье и материалы	331199	67,92
Основная заработная плата производственных рабочих	38835	7,96
Дополнительная	3340	0,68
Отчисления на соцстрах	14339	2,94
Электроэнергия на технические цели	12470	2,56
Общепроизводственные расходы	52574	10,78
Общехозяйственные расходы	32857	6,74
Налоги и отчисления	1089	0,22
Внепроизводственные расходы	925	0,19
Себестоимость	487628	100,00

Источник: собственная разработка на основе данных ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль».

Затраты производителя на выпуск потребной партии материала определены по формуле:

$$З_{np} = C \cdot m, \quad (4)$$

где C – себестоимость 1 м^3 строительного материала; m – необходимое количество строительного материала.

Таким образом, затраты ОАО «Завод керамзитового гравия г. Новолукомль» на производство 105 м^3 керамзитобетонных блоков «ТермоКомфорт» составят:

$$З_{np} = 487628 \cdot 105 = 51201 \text{ тыс. руб.}$$

Строительство. Керамзитобетонный блок крупнее одинарного кирпича, однако его размеры обеспечивают удобство транспортировки, хранения, легкость в работе. Технология кладки из керамзитобетонных блоков ничем не отличается от технологии кладки из керамического кирпича, но является более легкой и удобной, благодаря чему возведение стен из керамзитобетонных блоков доступно и обычному частному застройщику. Кладка из керамзитобетонных блоков выполнялась с перевязкой по ширине стены, горизонтальные швы выполняются из цементно-песчаного раствора, вертикальные стыки рядовых камней выполнялись всухую (без применения раствора), вертикальные стыки лицевых камней выполнялись из цементно-песчаного раствора. После завершения кладочных работ производилось оштукатуривание поверхности стены с внутренней стороны.

В таблице 5 представлены затраты на строительство объекта из керамзитобетонных блоков «Термо-Комфорт» (для проведения расчетов использовались расценки на строительные работы УП ОверСтрой).

Таблица 5

Примерная структура затрат
на строительство объекта из керамзитобетонных блоков

Наименование	Стоимость, тыс. руб.
Фундамент	45704
Стены	91407
Перекрытия и лестницы	38086
Кровля	53320
Фасады и проемы	76173
Отопление	68555
Водоснабжение, канализация	53320
Электрика	45704
Отделочные работы	289456
Всего ($Z_{стр}^k$)	761735

Источник: собственная разработка.

Во избежание двойного учета себестоимости стеновых материалов затраты на стадии строительства объекта были определены по формуле:

$$Z_{стр} = Z_{стр}^k - C, \quad (5)$$

где $Z_{стр}^k$ – всего затрат на строительство объекта; C – себестоимость стеновых материалов, использованных в строительстве.

Таким образом, имеем

$$Z_{стр} = 764735 - 51201 = 713534 \text{ тыс. руб.}$$

Керамзитобетонные блоки востребованы как при проектировании и строительстве новых современных зданий, частных домов, коттеджей, так и при проведении работ по реконструкции или ремонту. Керамзитобетонные стеновые блоки из-за своего незначительного веса по сравнению с кирпичом существенно снижают нагрузку зданий на фундамент.

Среди других достоинств отметим меньший расход раствора и простоту кладки – по сравнению с кирпичной ее трудоемкость снижается в три-четыре раза, поскольку по объему один блок равен семи кирпичам [6]. Таким образом, применение этого материала при строительстве позволяет существенно сократить затраты на раствор, помогает увеличить скорость монтажа.

Эксплуатация. Здания, построенные с помощью керамзитобетонных блоков, характеризуются длительным сроком эксплуатации (75 – 100 лет и более [7]), так как материал не подвержен горению, гниению или коррозии. Строения из керамзитобетонных блоков не требуют специального ухода. По основным характеристикам, таким как тепло и звукоизоляция, влагонепроницаемые свойства и химическая стойкость, керамзитобетонные блоки не только не уступают классическим строительным материалам (кирпич, железобетон), но и становятся в один ряд с легкими ячеистыми бетонами. Дома, построенные из керамзитобетонных блоков, по своим свойствам сравнимы с деревянными, которые, как известно, являются наиболее комфортным жильем. Пористая структура стройматериала обеспечивает возможность его использования с большой эффективностью как в холодных, так и в теплых климатических условиях.

К годовым издержкам в сфере эксплуатации здания относятся: затраты на ремонт строительных конструкций, восстановление и поддержание предусмотренной проектом надежности, ежегодные затраты на текущий ремонт и техническое обслуживание (отопление, освещение, очистка от снега и др.). Совокупность данных затрат по своей величине сравнима с амортизационными отчислениями, которые при сроке службы здания в 100 лет составляют 1 % от капитальных вложений в сфере строительства.

Затраты на стадии эксплуатации были рассчитаны следующим образом:

$$Z_{\text{эсп}} = Z_{\text{стр}}^{\text{кап}} \cdot k \cdot n, \quad (6)$$

где $Z_{\text{стр}}^{\text{кап}}$ – капитальные вложения в строительство объекта; k – процент (в зависимости от срока службы); n – срок эксплуатации объекта.

$$Z_{\text{эспл}} = 761735 \cdot 0,01 \cdot 100 = 761735 \text{ тыс. руб.}$$

Утилизация. Повторное использование материалов от разборки зданий и сооружений осуществляется посредством производства вторичного керамзитобетона или изготовления строительных смесей на основе измельченного керамзитобетона.

Затраты на стадии утилизации были рассчитаны по формуле:

$$Z_{\text{ут}} = C_{\text{д}} \cdot S, \quad (7)$$

где $C_{\text{д}}$ – стоимость демонтажа 1 м² стены соответствующего материала (тыс. руб.); S – площадь (м²).

$$Z_{\text{ут}} = 36 \cdot 210 = 7560 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, величина предлагаемого критерия при применении керамзитобетонных блоков «ТермоКомфорт» составит

$$Z_{\text{бл}} = 51201 + 713534 + 761735 + 7560 = 848470 \text{ тыс. руб.}$$

Объект, возводимый из кирпича керамического в соответствии с жизненным циклом

Производство. В основе изготовления данного стенового материала лежит глина, чаще всего среднего состава, получаемая смешением сырья из различных слоев месторождения. Производство осуществляется методом пластического формования. В данном случае глиняная масса влажностью 17 – 30 % помещается в вакуумный или безвакуумный пресс, а затем формируется при помощи специального мундштука. Далее ее режут на нужные размеры и отправляют на сушку, а затем подвергают обжигу в печи при температуре 1000 °С.

Рассчитаем затраты производителя на изготовление партии керамического кирпича требуемого размера по формуле (4).

$$Z_{\text{пр}} = 336360 \cdot 273 = 9182628 \text{ руб.}$$

Строительство. В таблице 6 представлены затраты на строительство объекта из керамического кирпича (для проведения расчетов использовались расценки на строительные работы УП ОверСтрой)

Таблица 6

Примерная структура затрат
на строительство объекта из керамического кирпича

Наименование	Стоимость, тыс. руб.
Фундамент	101452
Стены	202 904
Перекрытия и лестницы	81162
Кровля	121742
Фасады и проемы	169087
Отопление	152178
Водоснабжение, канализация	118360
Электрика	101452
Отделочные работы	642530
Всего ($Z_{\text{стр}}^{\text{к}}$)	1690867

Источник: собственная разработка.

Затраты на стадии строительства были рассчитаны по формуле (5):

$$Z_{\text{стр}} = 1690867 - 91826 = 1599041 \text{ тыс. руб.}$$

В процессе эксплуатации в целях профилактики необходимо проверять кирпичную кладку на наличие повреждений. Если кладка кирпича пропускает воду или в ней имеются большие трещины, необходимо заделать их специально предназначенным для этого герметиком. Если на поверхности присутствуют высолы, то нужно удалить их при помощи специальных препаратов (очистителей и гидрофобизаторов).

Плесень с кладки необходимо удалять специальными противогрибковыми средствами. Если кирпичи в кладке потеряли эстетичный внешний вид, то нужно произвести чистку. Самым безопасным способом является промывание поверхности водой под низким давлением. Производить чистку поверхности в холодную погоду не рекомендуется, так как вода, оставшаяся в кладке, может превратиться в лед, а это приведет к появлению трещин.

Материал не горюч, долговечен, характеризуется низким водопоглощением, высокой плотностью, а следовательно, хорошей звукоизоляцией, отличными показателями по морозостойкости.

Согласно формуле (6) определены затраты на стадии эксплуатации жилого кирпичного здания:

$$Z_{\text{экспл}} = 16908670,01 \cdot 100 = 160867 \text{ тыс. руб.}$$

Утилизация и повторное использование осуществляется путем переработки битого кирпича в песок для производства шлакобетона и для производства вторичного щебня. Возможно вторичное использование материала после разборки зданий и сооружений, однако этот процесс весьма трудоемкий и затратный. Затраты утилизацию объекта рассчитаны по формуле (7):

$$Z_{\text{ут}} = 44000 \cdot 210 = 9210 \text{ тыс. руб.}$$

Величина критерия при применении керамического кирпича составила:

$$Z_k = 91826 + 159904 + 160867 + 9210 = 186094 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, имеем

$$Z_{\text{эл}} < Z_k.$$

Заключение. На всех отдельных этапах жизненного цикла керамзитобетонные блоки показали большую эффективность по сравнению с керамическим кирпичом. Предлагаемый критерий позволяет получить суммарный эффект на всех стадиях жизненного цикла больше чем в два раза, что говорит о преимуществах данного материала. Проведенный расчет показал, что при проведении анализа эффективности строительного материала необходимо учитывать эффект от производства, строительства, эксплуатации и утилизации материала. Предложенный критерий позволяет с наибольшей достоверностью обосновать применение строительных материалов, а также решать практические вопросы повышения конкурентоспособности строительной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1. О жилищном строительстве / Нац. стат. комитет Респ. Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by>. – Дата доступа: 03.01.2012.
2. Абовский, Н.П. Разработка системы геотехнологии для сейсмостойкого строительства в различных геодинамических сложных грунтовых условиях / Н.П. Абовский [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://isi.sfu-kras.ru/sites/is.institute.sfu-kras.ru/files/otchet%20pp106.pdf>. – Дата доступа: 13.02.2012.
3. Проектирование и строительство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dvmposad.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=7&Itemid=7&limit=1&limitstart=3. – Дата доступа: 20.02.2012.
4. Структура затрат на строительство дома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://stimdon.ru/stroy_var_zatratu.html. – Дата доступа: 03.01.2012.
5. Камни бетонные стеновые. Государственный стандарт Респ. Беларусь. СТБ-1008-95. – Минск: М-во archit. и стр-ва Респ. Беларусь, 2002.
6. Кладка стен и перегородок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vesteros.by/masonry.html>. – Дата доступа: 20.02.2012.
7. Керамзитобетон – строительный материал нового поколения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://si-beton.ru/kbeton>. – Дата доступа: 20.02.2012.

Поступила 26.03.2012

THE DEFINITION OF EFFICIENCY OF BUILDING MATERIALS APPLICATION TAKING INTO ACCOUNT THE LIFE CYCLE

N. DUBROVSKIY, H. CHABURDO

Construction is one of the most important branches of the domestic economy. The efficiency of its functioning defines a level of society development and its productive forces. The article presents the results of the analysis of the building complex of the Republic of Belarus development in recent years. The necessity of increase of building efficiency through effective usage of building materials is revealed. The criterion considering the life cycle of the product is offered for the estimation of degree of material efficiency. Comparative analysis of the efficiency of two building materials – expanded clay lightweight concrete blocks and ceramic bricks is carried out.